

Lauri Savolainen

Kuvaohjelmien transkoodausjärjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Mediatekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
2.5.2012

Tekijä Otsikko	Lauri Savolainen Kuvaohjelmien transkoodausjärjestelmä
Sivumäärä Aika	32 sivua + 1 liite 2.5.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	digitaalinen media
Ohjaajat	yliopettaja Erkki Aalto kehityspäällikkö Janne Liimatainen
<p>Insinööriyössä tutkittiin tilausvideopalvelun kuvaohjelmien eli elokuvien transkoodausjärjestelmän kehittämistä. Tavoitteena oli dokumentoida elokuvien transkoodausprosessi ja selvittää mitä parannettavaa transkoodausjärjestelmästä löytyy, jotta elokuvien prosessointi tulisi yksinkertaisemmaksi ja tehokkaammaksi. Transkoodaus tarkoittaa audiovisuaalisen sisällön muuntamista formaatista toiseen.</p> <p>Työ aloitettiin tekemällä transkoodausjärjestelmän vuokaavio, jonka pohjalta alettiin selvittää, mitkä prosessin toimintamallit ovat monimutkaisia ja aikaa vieviä. Järjestelmästä tehtiin myös SWOT-analyysi, jonka avulla tutkittiin järjestelmän vahvuuksia, heikkouksia, uusia ja mahdollisuuksia. Tulosten pohjalta järjestelmään tehtiin tammikuun 2011 ja huhtikuun 2012 välillä muutoksia, joista suurimmat sisälsivät esimerkiksi koko transkoodauspalvelimen uusimisen. Muita tärkeitä uudistuksia järjestelmään olivat esimerkiksi uuden elokuvien arkistointimenetelmän käyttöönotto ja jakelijoiden siirtyminen fyysisten elokuvatalenteiden toimittamisen sijasta digitaalisiin tallenteisiin.</p> <p>SWOT-analyysissa kävi ilmi, että koska koko järjestelmästä on vastuussa pieni ryhmä, se mahdollistaa nopeat toimintamallien muutokset. Järjestelmä on rakennettu tukemaan lähes kaikkia standardeja formaatteja, mikä tekee järjestelmästä monipuolisen, mutta myös sen ylläpidosta vaativampaa, koska formaattien kirjo pitää ottaa huomioon järjestelmän muutoksia suunniteltaessa.</p> <p>Lopputuloksena transkoodausjärjestelmää saatiin kehitettyä eteenpäin pisteeseen, josta kehitystyötä on helppo jatkaa eteenpäin, vaikka insinööriyön osuus järjestelmän kehityksessä loppuukin. Toteutetut muutokset helpottivat työtä elokuvien transkoodauksen parissa erityisesti prosessin suoraviivaistamisen ansiosta.</p>	
Avainsanat	transkoodaus, tilausvideo, VoD-palvelu, IPTV, H.264

Author Title	Lauri Savolainen Transcoding System for Online Video
Number of Pages Date	32 pages + 1 appendice 2 May 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Digital Media
Instructors	Erkki Aalto, Principal Lecturer Janne Liimatainen, Development Manager
<p>This thesis is focused on improving an existing transcoding system for online video. The objective was to make a documentation of the transcoding process for movies and to find out what kind of improvements could be applied to the system, so that it would become simpler and more efficient.</p> <p>Work on the thesis started by creating a flowchart of the transcoding process and analyzing what parts of the transcoding process were complicated and time consuming. A SWOT analysis was also made about the system, in which the system's strengths, opportunities, weaknesses and threats were taken into account. Based on the results, changes to the transcoding system were made between January 2011 and April 2012, of which the biggest changes included a complete replacement of the old transcoding server to a new one. Other important improvements were installing a tape library for archiving the media files, and suppliers moving into digital delivery of media files instead of optical media such as DVDs and Blu-ray Discs.</p> <p>The SWOT analysis revealed that because only a small group of individuals are responsible of the system, it enables agile changes and improvements to the system and workflow. The system is built to support almost all standard formats, which makes it versatile, but also makes future improvements harder to design because of the variety of supported media formats.</p> <p>As a result, changes were made to the transcoding system up to a point where it is easy to continue the improvement of the system, even though the thesis is now completed. The changes made to the system made it easier to process videos, especially due to improvements achieved by streamlining the whole process.</p>	
Keywords	transcoding, video on demand, IPTV, H.264

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Palveluntarjoajan rooli mediasisällön arvoketjussa	2
3	Kuvaohjelman tiedostorakenne	4
3.1	Kääre	4
3.2	Fyysinen media	5
3.3	Muuna kuin fyysisenä tallenteena toimitettu media	7
3.4	MPEG transport streamin rakenne	8
3.5	Transkoodattu palveluun lisättävä elokuva	10
4	Kuvaohjelmien transkoodausprosessi	11
4.1	Kuvaohjelman työstäminen videovuokraamoon	11
4.2	Mediasisällön kopiointi transkoodauspalvelimelle	11
4.3	Videon, äänen ja tekstitysten käsittely	12
4.4	Tiedostojen syöttäminen transkooderiin, lopputuloksen tarkastus	16
4.5	Tiedonsiirtokomponentti ja VOD-tietokanta	17
4.6	Elokuvan tietojen syöttäminen ja lopullinen tarkistus	19
5	Transkoodausjärjestelmän analyysi	21
5.1	SWOT-analyysi	21
5.2	Muutosehdotukset ja ideat	23
5.3	Toteutetut muutokset	24
6	VoD-palvelut tulevaisuudessa	27
7	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Transkoodausjärjestelmän vuokaavio	

Lyhenteet ja käsitteet

Aggregointi	Sisällöntuottajien ja oikeuksien omistajien tarjoaman mediasisällön niputtaminen yhden toimijan jaettavaksi.
Bittivirta	Bittivirta kuvaa sitä, kuinka paljon dataa video esittää sekunnissa. Voidaan sanoa, että korkea bittivirta vastaa hyvää kuvanlaatua. Blu-ray-elokuvien bittivirta on tyypillisesti noin 30 megabittiä sekunnissa.
Demultipleksaus	Kahden tai useamman ääni- tai kuvavirran erottaminen toisistaan yksittäisiksi tiedostoiksi.
H.264	Teräväpiirtovideossa käytössä oleva videokoodekki.
Koodekki	Videon kompressointiin käytetty algoritmi, joka pakkaa tiedoston pienemmäksi, esimerkiksi H.264.
Kuvakoko (resoluutio)	Kuvakoko tarkoittaa videon kokoa pikseleinä vaaka- ja pystysuunnassa. Esimerkiksi Full HD -tason videon resoluutio on $1920 * 1080$ pikseliä.
Kuvataajuus (fps)	Kuvataajuus (frames per second) tarkoittaa sitä, kuinka monta erillistä kuvaa esitetään yhden sekunnin aikana.
Kuvaohjelma	Elokuva, televisio-ohjelma tai muu liikkuva kuva.
Mbps	Megabittiä sekunnissa, tiedonsiirtonopeuden mittayksikkö. $1 \text{ Mbps} = 1024 \text{ kbps}$.
Kääre (wrapper)	Tiedostoformaatti, joka voi sisältää useita eri kuva-, ääni- ja datavirtoja ja tiedon siitä, miten toistaa ne.
MPEG-2	DVD-elokuvissa käytetty videokoodekki.

Multipleksaus	Erillisten video- ja äänivirtojen yhdistäminen yhdeksi virraksi (tiedostoksi).
Rippaus	Elokuvan kopiointi DVD- tai Blu-ray-levyltä tietokoneelle.
Siirtokopiointi	Elokuvan kopioiminen tietokoneelle DVD:ltä tai Blu-raylta. Käytetään myös nimeä rippaus.
sVoD	Subscription Video-on-Demand, kuukausimaksullinen tilausvideopalvelu, jossa tietyin väliajoin vaihtuva sisältö.
Transkoodaus	Multimediatiedoston muuntaminen digitaalisesta formaatista toiseen digitaaliseen formaattiin.
VoD	Video-on-Demand, tilausvideo. Sisältö, joka on mahdollista katsoa käyttäjän valitsemalla hetkellä.

1 Johdanto

Viime vuosina yritykset ovat perustaneet Video-on-Demand- eli VoD-palveluita, joissa tarjotaan asiakkaille elokuvia, urheilua, musiikkia ja muuta mediasisältöä. VoD-palvelu on kuin elektroninen videovuokraamo, jossa kuluttajan valitsema elokuva toimitetaan asiakkaalle Internetin välityksellä. Insinööriyön tarkoituksena on parantaa ja yksinkertaistaa elokuvien transkoodausjärjestelmää, jota käytetään Elisa Viihde -palvelupaketin videovuokraamon elokuvien transkoodaamiseen.

Insinööriyön tilaaja on Elisa Oyj, joka on Pohjoismaiden johtava viestintäpalveluiden tuottaja. Se työllistää noin 3 750 henkilöä. Elisa Viihde on palvelupaketti, joka tarjoaa kotiin laajakaistayhteyden ja digisovittimen, jossa yhdistyy digitelevisio ja internetin ominaisuuksia, kuten suuri määrä eri maksukanavia ja kotisohvalta toimiva videovuokraamo.

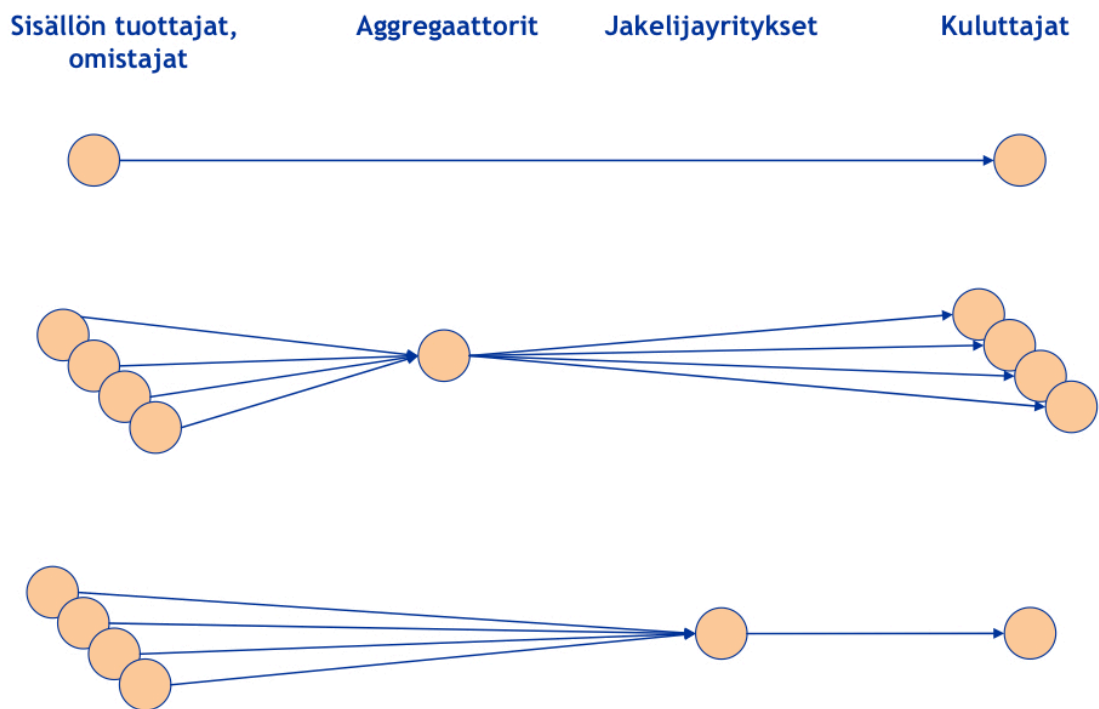
Työn tavoitteena on dokumentoida transkoodausjärjestelmän rakenne kaavioksi, jonka pohjalta tehdään järjestelmän järjestelmäanalyysi. Analyysissä pohditaan järjestelmän vahvuuksia, heikkouksia, uhkia ja mahdollisuuksia, joiden pohjalta yritetään löytää uusia tapoja elokuvien prosessoimiseksi VoD-palvelua varten. Raportissa selostan myös kuvaohjelmien tiedostorakenteen ja sen, mitä kuvaohjelmalle tehdään, ennen kuin se viedään levitykseen asiakkaita varten. Raportissa paneudutaan myös siihen, mikä on Elisan asema mediasisällön arvoketjussa, ja lopuksi pohditaan VoD-palveluiden tulevaisuuden näkymiä.

Kuvaohjelmalla tarkoitetaan mitä tahansa liikkuvaa kuvaa, eli elokuvia, televisio-ohjelmia ja myös videopelejä, joskin videopeleillä ei ole merkitystä tässä raportissa. Raportissa käytetään elokuvista myös nimitystä kuvaohjelma, sillä termi on tullut ajan-kohtaiseksi 1.1.2012 voimaan astuneen uuden kuvaohjelmalain takia.

2 Palveluntarjoajan rooli mediasisällön arvoketjussa

Yritystä, joka vastaanottaa audiovisuaalista mediasisältöä sisällöntuottajilta tai oikeuksien omistajilta ja tarjoaa sen lopulta kuluttajalle samassa käyttöliittymässä tai palvelussa, kutsutaan mediasisällön aggregoijaksi. Kuvion 1 keskimmäisen mallin mukaisesti Elisan VoD-palvelu osana Elisa Viihteen muita ominaisuuksia tarjoaa kuluttajalle kootusti lukuisten sisällöntuottajien ja oikeuksien haltijoiden mediasisältöä lineaaritelevisiolähetysinä ja VoD- tai SVoD-palveluina IPTV-, antenni- tai kaapeliverkon välityksellä. [1, s. 6.]

Aggregointi tarkoittaa siis mediasisällön niputtamista yhdelle toimijalle, kuluttajille tai muille yrityksille eteenpäin tarjottavaksi. Kuvion 1 ylimmästä mallista näkee, ettei aggregaattorille ole tarvetta, jos sisällöntuottaja tuottaa itse mediasisältönsä ja huolehtii sen jakelusta kuluttajille. Yleisradio on esimerkki yrityksestä, joka tuottaa oman mediasisältönsä ja jakaa sitä suoraan kuluttajille. [1, s. 6.]



Kuvio 1. Keskimmäisen mallin mukaisesti palveluntarjoaja aggregoi sisällöntuottajien ja oikeuksien omistajien tarjoaman sisällön ja välittää sen eteenpäin kuluttajille tai muille yrityksille [1, s. 7].

VoD-palvelun elokuvien prosessointi vaatii resursseja, minkä takia on tärkeää saada tehostettua mediasisällön prosessoinnin toimintamallia. Huomiota toimintamallin kehityksessä pitäisi erityisesti kiinnittää yhden elokuvan prosessointiin kuluvaan aikaan ja siihen, kuinka muuttuva toimintamalli tulee kuormittamaan sen parissa työskenteleviä henkilöitä.

3 Kuvaohjelman tiedostorakenne

3.1 Kääre

Tilausvideopalveluun lisättävät kuvaohjelmat saapuvat prosessoitavaksi useissa eri formaateissa. Tuotantoyhtiöillä, maahantuojilla ja muilla elokuvajakelijoilla on vaihtelevat määritelmät, millaisessa formaatissa he toimittavat kuvaohjelmat palveluntarjoajille. Tärkeää on saada käsitys siitä, millaisten formaattien kanssa transkoodausjärjestelmässä ollaan tekemisissä. Jaottelu on hyvä tehdä selkeäksi: fyysinen media, kuten DVD- ja Blu-ray-levyt, ja verkon kautta ei-fyysisenä tallenteena toimitettu multimedia.

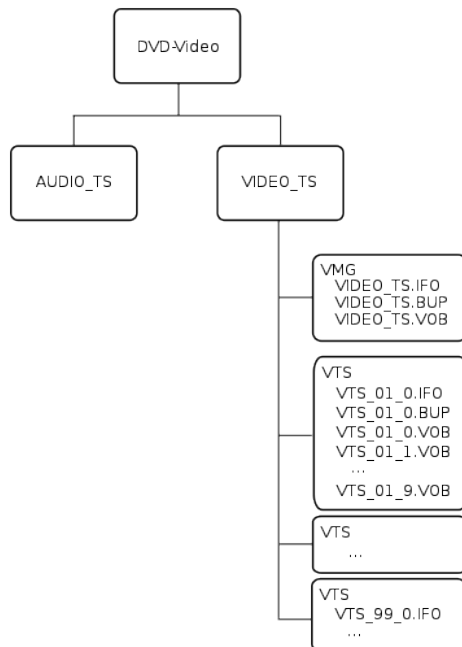
Yhteistä eri formaateissa toimitetuissa kuvaohjelmissa on käärimisformaatti. Termi tulee englanninkielisestä sanasta wrapper, joka tarkoittaa käärettä [2]. Käärimisformaattia voisi kuvailla siten, että kuvittelee kuvan, äänen, tekstityksen ja metadatan sähköjohdoiksi, jotka kääritään kaikki tiiviisti yhden suuremman putken – kääreen – sisälle, minkä jälkeen lopputuloksesta tulee yksi tiedosto, joka sisältää tarvittavan tiedon datan siirtämiseen ja oikeanlaiseen toistamiseen, kun se avataan tietokoneohjelmassa tai asiakkaan televisiossa.

MPEG Program Stream (MPEG-PS) -kääre on käytössä DVD-elokuvissa ja harvemmin verkon kautta toimitetussa materiaalissa. MPEG-PS koostuu useasta bittivirrasta ja sisältää tyypillisesti yhden videovirran, yhden tai useamman äänivirran ja mahdollisesti datavirtaa, kuten tekstityksiä. MPEG transport stream (MPEG-TS) on MPEG-PS:n kaltainen kääre, joka voi sisältää useita video-, ääni- tai datavirtoja, mutta toisin kuin MPEG-PS, se on kehitetty erityisesti tiedon siirtoon paikasta toiseen käyttäen esimerkiksi satelliitti-, antenni- tai IPTV-yhteyksiä. [3, s. 162–163.]

Material eXchange Format (MXF) -kääre on audiovisuaalisen sisällön ja siihen liittyvän datan ja metadatan vaihtamiseen tarkoitettu tiedostoformaatti. Suuri osa verkon kautta toimitetuista kuvaohjelmista on kääritty MXF:ään, mikä on omiaan virtaviivaistamaan formaattien paljoutta sisällönvaihdossa. MXF:n tavoitteena on pitää sen sisällä oleva tieto sellaisessa muodossa, että sitä voidaan liikutella useiden eri ohjelmien välillä ja välttää tiedon sirpaloituminen. [4, s. 2.]

3.2 Fyysinen media

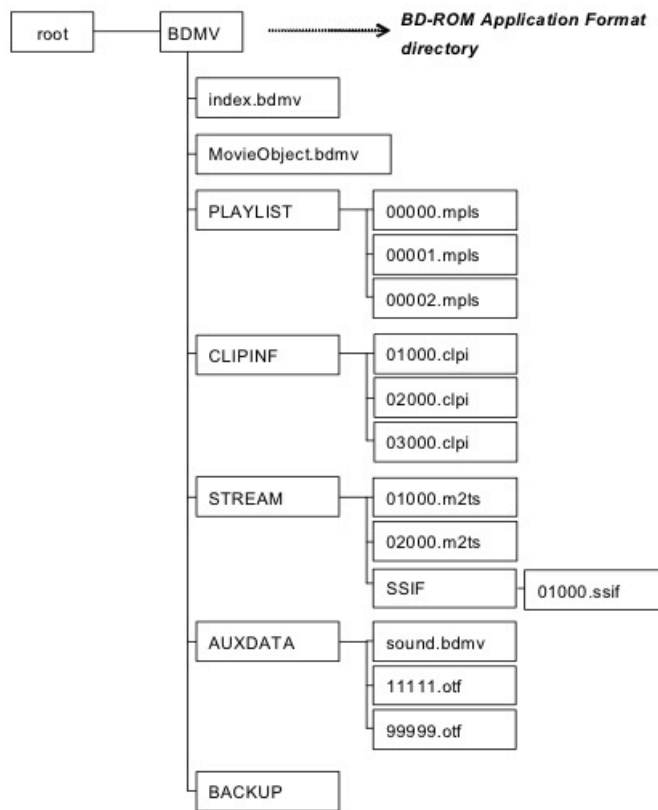
DVD-levyillä on useita käyttötarkoituksia, ja yleisin niistä on elokuvatalienteiden jakelu. DVD-Video on DVD-levyjen videoformaatti, jonka tiedostorakenne näkyy kuviossa 2. Videota sisältävä DVD tallentaa kaiken datan hakemistoon VIDEO_TS, kun taas hakemisto AUDIO_TS on käytössä vain DVD-Audio-äänilevyillä. [5, s. 256.] IFO-tiedostot sisältävät tiedon siitä, milloin elokuvaa katsoessa ääni- ja tekstityksraitat esitetään suhteessa liikkuvaan kuvaan. Tiedosto on tarpeellinen, kun tahdotaan varmistua, että video, ääni ja tekstitys toistuvat oikeaan aikaan. DVD-elokuvissa tekstitykset on tallennettu bitmap-kuvina, kuten esimerkiksi suurin osa internetsivuilla olevista kuvista.



Kuvio 2. DVD-Video-levyn tiedostorakenne [6].

Blu-ray-levyn tiedostorakenne on kuvion 3 mukainen. Hakemiston BDMV sisällä on kaikki tieto, mitä tarvitaan levyn toistamiseen esimerkiksi Blu-ray-soittimessa. Tiedostot index.bdmv ja MovieObject.bdmv sisältävät sisällysluettelon ja tietokannan levyn video-objekteista. Hakemistossa PLAYLIST on Movie PlayList -tiedostot, jotka määrittelevät sen, missä järjestyksessä levyllä olevat Clipit toistetaan. Clip on nimitys levyllä olevien videoiden (Clip AV stream file) ja niihin liittyvän muun tiedon (Clip Information file) yhdistelmälle. Kun Blu-ray-elokuva prosessoidaan VoD-palveluun, tarvitaan Blu-ray-levyltä STREAM-hakemistosta pelkästään Clip-tiedoston video-osa, .m2ts-päätteinen

elokuvatiedosto. Hakemistossa CLIPINF on tietokanta Clip-tiedostoja varten, kun taas AUXDATA sisältää äänitiedostot ja fontit Blu-ray-levyn menuja varten. BACKUP-hakemistosta löytyy varmuuskopiot index.bdmv- ja MovieObject.bdmv-tiedostoista ja hakemistoista PLAYLIST, CLIPINF ja AUXDATA. [7, s. 12–16.]



Kuvio 3. Blu-ray-levyn (BD-ROM) tiedostorakenne [7, s. 14].

DVD-levyllä video on pakattu Moving Picture Experts Groupin (MPEG) kehittämällä MPEG-koodauksella, jossa videokoodekkina on käytössä MPEG-2. Äänikoodekkina on mahdollista käyttää useita eri vaihtoehtoja, joista esimerkiksi PAL-alueella DVD-soittimien on pakollista tukea kolmea erilaista äänikoodekkia: MPEG-1 Layer 2, LPCM (linear pulse-code modulation, viitataan yleensä PCM) tai Dolby Digital (AC-3). [5, s. 95, 101, 105–108.] VOB-tiedostoformaattiin voi myös tallentaa dataa, kuten DVD-levyn navigaatiomenut ja tekstityksiä eri kielille. DVD-elokuvat käyttävät käärimisformaattia MPEG-PS. Taulukossa 1 on vertailu DVD- ja Blu-ray-videoiden ominaisuuksista.

Taulukko 1. DVD- ja Blu-ray-levyt vertailussa.

	DVD (Digital Versatile Disc)	Blu-ray Disc
Formaatti	DVD-Video	BDMV (Blu-ray Disc Movie)
Kuvakoko (pikseliä)	720 * 576	1920 * 1080
Videokoodekki	MPEG-2	MPEG-2, H.264, VC-1
Videokoodekki (yleinen)	MPEG-2	H.264
Audiokoodekki	MPEG-1 Layer 2, Dolby Digital, PCM	Dolby Digital, DTS, PCM
Audiokoodekki (yleinen)	Dolby Digital, DTS	Dolby Digital, DTS-HD
Data	Tekstitykset, menu-valikot	Tekstitykset, menu-valikot, EPG

Blu-ray-levyjen (BD-ROM) formaatti on Blu-ray Disc Movie (BDMV), jossa video-, ääni- ja datavirta on tallennettu käärimisformaattiin MPEG transport stream (MPEG-TS). Blu-ray-levyjen videokoodekkina voidaan käyttää H.264:ää, VC-1:tä tai DVD-levyjen tavoin MPEG-2:ta. Insinööriyön tekemisen aikana yleisin Blu-ray-levyillä käytetty videokoodekki oli H.264, kun taas yleisimmät audiokoodekit olivat Dolby Digital ja DTS-HD. Näiden lisäksi Blu-ray-levyt tukevat useiden muiden audiokoodekkien käyttöä, kuten PCM:ää ja Dolby TrueHD:ta. [8, s. 6-7.]

3.3 Muuna kuin fyysisenä tallenteena toimitettu media

Verkon kautta toimitettava mediasisältö ladataan jakelijoiden palvelimilta suoraan transkoodauspalvelimelle. Koska jakelijoita on monia, on myös formaattien kirjo melko vaihteleva. Yleisin mediasisällön kuvakoko on 1920 * 1080 pikseliä, mutta osa sisällöstä toimitetaan kuvakoossa 1280 * 720 pikseliä. Teräväpiirtoaikaan siirryttäessä SD-tasoisena toimitettu sisältö, kuvakooltaan 720 * 576 pikseliä, on kadonnut melkein kokonaan DVD-elokuvia lukuun ottamatta. Sisällön video-osan bittivirta vaihtelee jakelijasta riippuen välillä 15–180 Mbps.

Videokoodekkeina käytössä ovat H.264, MPEG-2 ja Applen kehittämä ProRes, ja taulukossa 2 on lueteltu eri formaattien sisältämät video- ja audiokoodekit. Monikanavaäänet ovat yleensä WAV-formaatissa PCM-koodauksella, ja jokainen äänikanava on eroteltu omaksi ääniraidakseen kääreen sisälle. Tyypillisesti siis elokuvatiedosto sisältää yhden videoraidan ja sen lisäksi 6–8 ääniraitaa, joista 6 raitaa on 5.1-monikanavaääniä varten ja 2 ylimääräistä raitaa, joihin on sijoitettu stereoäänet. Monikanavaäänet toimitetaan toisinaan myös videotiedostosta erillään jokainen kanava omana tiedostonaan WAV-formaatissa. [9.] Audio-osan bittivirta vaihtelee välillä 0,384–11 Mbps.

Taulukko 2. Samoja audio- ja videokoodekkeja käytetään eri formaateissa toimitetuissa sisällöissä.

	MXF	MPEG-PS	MPEG-TS	QuickTime
Videokoodekki	H.264, MPEG-2	MPEG-2	H.264, MPEG-2	ProRes
Audiokoodekki	PCM	PCM, Dolby Digital	Dolby Digital, PCM	PCM

Elokvien tekstitykset ladataan jakelijoiden palvelimilta tai toimitetaan sähköpostitse. Lasten elokuvia ja animaatioelokuvia varten tarvitaan myös suomenkielinen ja mahdollisesti ruotsinkielinen dubbaus elokuvasta, jotta elokuva saadaan palveluun alkuperäisen version lisäksi myös suomeksi tai ruotsiksi puhuttuna.

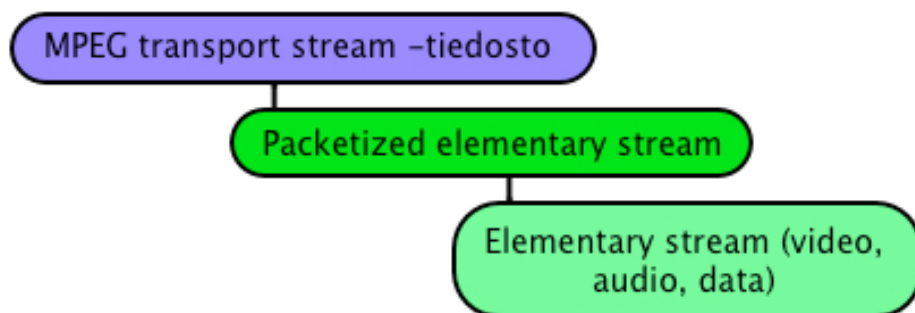
3.4 MPEG transport streamin rakenne

Valmis transkoodattu elokuva on formaatiltaan MPEG transport streamia. MPEG-TS:ssä kuva, ääni ja data ovat yksittäisiä keskeisiä tiedostovirtoja (engl. elementary stream), joista MPEG-TS-tiedostot pohjimmiltaan koostuvat. Yksittäinen tällainen tiedostovirta voi sisältää esimerkiksi videota, mutta ei koskaan samanaikaisesti esimerkiksi videota ja ääntä. Tiedostovirta sellaisenaan ei kuitenkaan sovi vielä MPEG-TS:n perustaksi. [3, s. 159]

Yksittäiset tiedostovirrat sopivat sellaisenaan suoraan toistoon esimerkiksi videokamerasta kaapelilla kiinnitettyyn näyttöön, mutta jotta tiedostovirtaa voidaan liikuttaa tehokkaasti esimerkiksi IP-verkossa, se täytyy pilkkoa ja paketoita osiksi. Paketoitu tiedostovirta (engl. PES, packetized elementary stream) sisältää tietoa, joka on pilkottu

pieniksi osiksi ja jota on siksi helppoa käsitellä. Jokaisen paketoitun tiedostovirran otsake (engl. header) sisältää tiedon, mikä osa tiedostovirrasta tietyn paketin sisällä on ja missä järjestyksessä tiedostovirta tulee toistaa, kun päätelaite purkaa MPEG-TS-tiedostoa katsottavaan muotoon. [3, s. 160–161.]

MPEG-TS on siis tiedosto, joka koostuu vähintään kahdesta paketoitusta tiedostovirrasta, ja sen hierarkkinen rakenne on kuvattu kuviossa 4. Yleensä transkoodatun MPEG-TS:n sisällä paketoituja tiedostovirtoja on kolme: kuva, ääni ja data, joka on tässä tapauksessa suomenkielinen tekstitys. MPEG-TS:n pakettikoko on 188 tavua, minkä ansiosta se soveltuu tiedonsiirtoon esimerkiksi satelliittiyhteyksiä käyttäen. Jokainen 188 tavun kokoinen paketti sisältää vain yhtä tiedostovirtaa, videota, ääntä, dataa tai informaatiota tiedoston toistamiseen liittyen. FEC (forward error correction) virheenkorjausmenetelmää käytettäessä MPEG-TS:n tavukokoon lisätään 16 bittiä, jolloin yhden paketin kooksi tulee 204 tavua. MPEG-TS välitetään päätelaitelle lopulta UDP-paketteina, ja tiedon sirpaloituminen Ethernet-verkossa saadaan vältettyä, kun käytetään UDP-paketteja, joiden sisällä on seitsemän 188 tavun kokoista MPEG-TS-pakettia. [3, s. 163–164.]



Kuvio 4. MPEG-TS-tiedostot kootaan useista tiedostovirroista [3].

Raa'at kuva-, ääni- ja datavirrat siis pilkotaan paloiksi, jotka paketoidaan pieniin osiin. Kun paketoituja tiedostovirtoja tehdään MPEG-TS-tiedosto, paketoidaan MPEG-TS-tiedosto 188 tavun kokoisiksi palasiksi, jotta tiedon välitys verkossa olisi helpompaa esimerkiksi IP-protokollaa tai satelliittiyhteyksiä käyttäen.

3.5 Transkoodattu palveluun lisättävä elokuva

Mediasisältö transkoodataan MPEG transport stream -formaattiin, koska MPEG-TS soveltuu tiedonsiirtoon virheensietokykynsä ansiosta. Laatuluokkia yhdelle elokuvalla on valittavissa kaksi: SD eli DVD-laatuinen video ja HD eli teräväpiirtolaatuinen video. SD-laatuinen video on kuvakooltaan 720 * 576 pikseliä, ja teräväpiirtovideon resoluutio on 1280 * 720 pikseliä. Molempien laatuluokkien videokoodekkina käytetään H.264:ää.

Ääniraita on joko Dolby Digital -monikanavaääntä tai MPEG-1 Layer II -stereoääntä, ja sen bittivirta vaihtelee välillä 256–448 kbps. Teräväpiirtolaatuiseen videoon laitetaan yleensä korkealaatuisempi ääniraita. Yhdellä elokuvalla voi olla useita ääniraitoja, esimerkiksi suomi, ruotsi ja englanti, jos kyseessä on animaatio tai lasten elokuva. Noin yhdeksän kymmenestä uusista elokuvista saatetaan palveluun Dolby Digital -monikanavaäänillä ja loput kymmenesosa stereoäänillä. Tekstitysten formaattina on käytössä DVB-tekstitys, jota käytetään myös esimerkiksi YLE:n ja MTV3:n televisio-ohjelmissa. DVB-tekstitykset ovat muodoltaan bittikarttaa (bit-map), ja sen voi ottaa käyttöön ja pois käytöstä milloin tahansa elokuvan aikana, jos käyttäjä niin haluaa. Taulukko 3 on yhteenveto transkoodatun elokuvan eri formaateista. Tekstitykset eivät ole käytössä kotimaisissa elokuvissa ja lasten animaatioissa, joissa on suomenkielinen ääniraita.

Taulukko 3. Transkoodatun MPEG-TS-tiedoston sisältö.

	SD-laatu	HD-laatu
Videovirta	H.264, 720 * 576 pikseliä, 2,65 Mbps	H.264, 1280 * 720 pikseliä, 6,8 Mbps
Audiovirta 1	Dolby Digital tai MPEG-1 Layer 2, 256–384 kbps	Dolby Digital tai MPEG-1 Layer 2, 256–448 kbps
Audiovirta 2 (valinnainen)	MPEG-1 Layer 2, 256–384 kbps	MPEG-1 Layer 2, 256–384 kbps
Audiovirta 3 (valinnainen)	MPEG-1 Layer 2, 256–384 kbps	MPEG-1 Layer 2, 256–384 kbps
Tekstitys	DVB (Bit-map)	DVB (Bit-map)

4 Kuvaohjelmien transkoodausprosessi

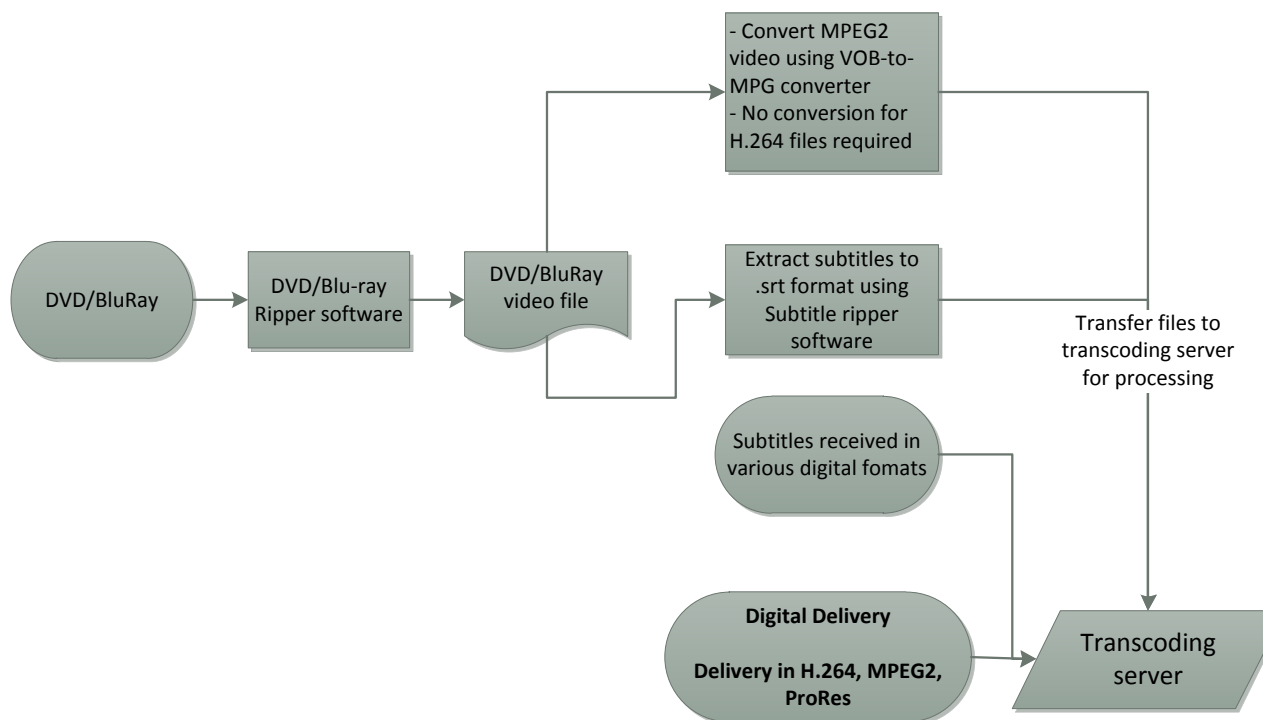
4.1 Kuvaohjelman työstäminen videovuokraamoon

Videovuokraamoon tuotettava kuvaohjelma käy läpi monta vaihetta, ennen kuin se on valmis levitystä varten. Lähdeformaatista riippumatta video, ääni ja tekstitykset käsitellään toisistaan erillään. Lopuksi video ja ääni yhdistetään takaisin yhdeksi tiedostoksi, joka syötetään transkooderiin erillisen tekstitystiedoston kanssa. Videon ja äänen yhdistämistä yhdeksi tiedostoksi laadun kärsimättä kutsutaan multipleksaamiseksi. Päinvastainen prosessi, videon ja äänen erottaminen kahdeksi tiedostoksi, on demultipleksaamista. Tässä luvussa selostan yksityiskohtaisesti käytössä olevan prosessin, jonka kuvaohjelma käy läpi, kun se työstetään palveluun vuokrattavaksi.

Liite 1 on kokonaiskuva transkoodausprosessista, jota käytetään kuvaohjelmien työstämiseen. Se on kirjoitettu suomen sijasta englanniksi, koska aiheeseen liittyvä englanninkielinen terminologia on vakiinnuttanut asemansa myös muuten suomeksi puhuttaessa.

4.2 Mediasisällön kopiointi transkoodauspalvelimelle

DVD- ja Blu-ray-elokuvat kopioidaan ensin paikalliselle työasemalle häviöttömästi DVD- ja Blu-ray-levyjen siirtokopiointiohjelmistolla. Blu-ray-levyn MPEG-TS-tiedosto (tiedostopääte .m2ts) ei tässä vaiheessa vaadi jatkokäsittelyä, mutta DVD-levyn VOB-tiedostoista multipleksataan video ja ääni .mpg-päätteiseksi. Siirtokopioinnin jälkeen tarkistetaan silmämääräisesti elokuvan laatu siltä varalta, että kopioinnissa olisi tapahtunut virhe ja tiedosto olisi korruptoitunut. Tässä vaiheessa elokuvat kopioidaan transkoodauspalvelimelle, jossa ne työstetään loppuun. Kuvio 5 näyttää, mitä tallenteille tehdään ennen niiden siirtoa transkoodauspalvelimelle. Koska verkon kautta toimitettu sisältö sijaitsee valmiiksi transkoodauspalvelimella, ei sille tarvitse tehdä vielä mitään.



Kuvio 5. Fyysiset tallenteet siirtokopioidaan paikalliselle työasemalle ja siirretään transkoodauspalvelimelle.

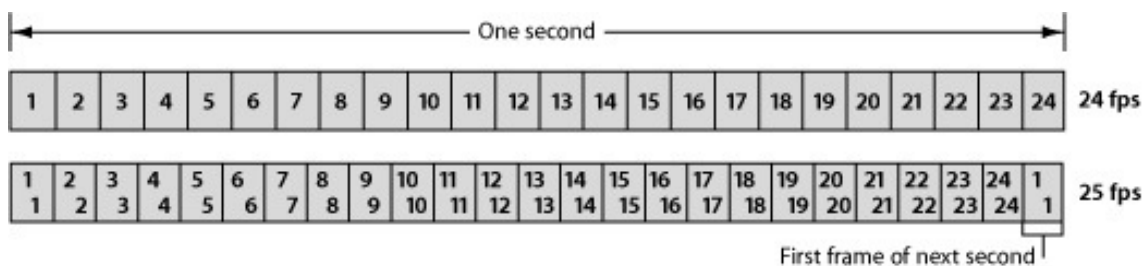
4.3 Videon, äänen ja tekstitysten käsittely

Video

Transkoodauspalvelimeen otetaan etäyhteys paikalliselta työasemalta. Kuten kuviosta 7 sivulla 15 näkee, elokuvan kuvataajuuden tulee olla 25 kuvaa sekunnissa, kun se syötetään transkooderiin, joten elokuvat, joiden kuvataajuus on 24 tai 23,976 fps, täytyy nopeuttaa 25 kuvaan sekunnissa. Video ja ääni saadaan demultipleksattua erillisiksi tiedostoiksi sovelluksella, josta käytän nimitystä multiplekseri. Multiplekseriä käytetään myös käsiteltyjen ääni- ja videotiedostojen multipleksaamiseen takaisin kääreeksi.

Videon nopeuttamiseksi käytetään metodia 24 @ 25, joka tarkoittaa, että video nopeutetaan yksi yhteen suhteessa uudelle kuvataajuudelle. Täten yksi sekunti muunnettua 25 fps -videota tarvitsee alkuperäisestä 24 fps -videosta 25 kuvaa, mikä onnistuu ottamalla alkuperäisen videon yksi kokonainen sekunti ja seuraavasta alkavasta sekunnista yksi kuva kuvion 6 tapaan. Video säilyy muuttumattomana, mutta huonona puoleena videon pituus lyhenee noin 4 %, mikä tarkoittaa puolentoista tunnin elokuvassa

muutamaa minuuttia. [10.] Videon fps-muunnos tehdään samalla, kun nopeutettu ääni multipleksataan videon kanssa takaisin kääreeksi.



Kuvio 6. Kuvattuna yksi sekunti 24 fps -videosta ja siitä nopeutetusta 25 fps -videosta [10].

Videoiden transkooderi pystyy myös tekemään videon fps-muunnoksen ilman esikäsittelyä, jos elokuvalla on vain stereoääniraita monikanavaäänien sijasta. Tämä ominaisuus on harvemmin käytössä, koska elokuville pyritään saamaan paras mahdollinen ääniraita aina, kun mahdollista. Transkooderin käyttö selostetaan luvussa 4.4.

Ääni

Jos mediasisällön kuvataajuus on 23,976 tai 24, nopeutetaan videon lisäksi elokuvan ääniraita, koska videon nopeutuksessa 24 @ 25 -metodia käytettäessä elokuvan pituus lyhenee muutaman minuutin. Nopeutusta vaativien ääniraitojen käsittely on kolmivaiheinen, ja ensimmäinen niistä on erottaa video ja ääni demultipleksaamalla ne multiplekserillä erillisiksi tiedostoiksi. Toisessa vaiheessa äänitiedosto avataan äänituotantosovelluksella 1, jossa suoritetaan sen nopeutus vastaamaan 25 fps:ää, ja lopulta tallennetaan äänet AC-3-tiedostoksi stereoäänien ollessa kyseessä ja monikanavaäänet WAV-tiedostoiksi. Monikanavaääni tallennetaan WAV:ksi, koska äänituotantosovelluksen 1 tallentamat monikanavaiset AC-3-tiedostot eivät toistu oikealla äänenvoimakkuudella Elisa Viihteessä käytössä olevassa digisovittimessa. Kolmas vaihe äänien nopeutuksessa on WAV-tiedoston avaaminen ammattilaistason äänituotantosovelluksella 2. Tätä sovellusta käytetään vain WAV-tiedoston tallentamiseen AC-3-tiedostoksi, joka toistuu oikein digisovittimessa. Kuvailtu toimenpide on yleinen Blu-ray-elokuvien AC-3- ja DTS-ääniraidoille.

Videotiedostosta erillään olevat WAV-tiedostot ovat elokuvan kanssa valmiiksi nopeudeltaan 25 fps, joten ne tarvitsee vain koota yhdeksi AC-3-tiedostoksi. Erillisiä

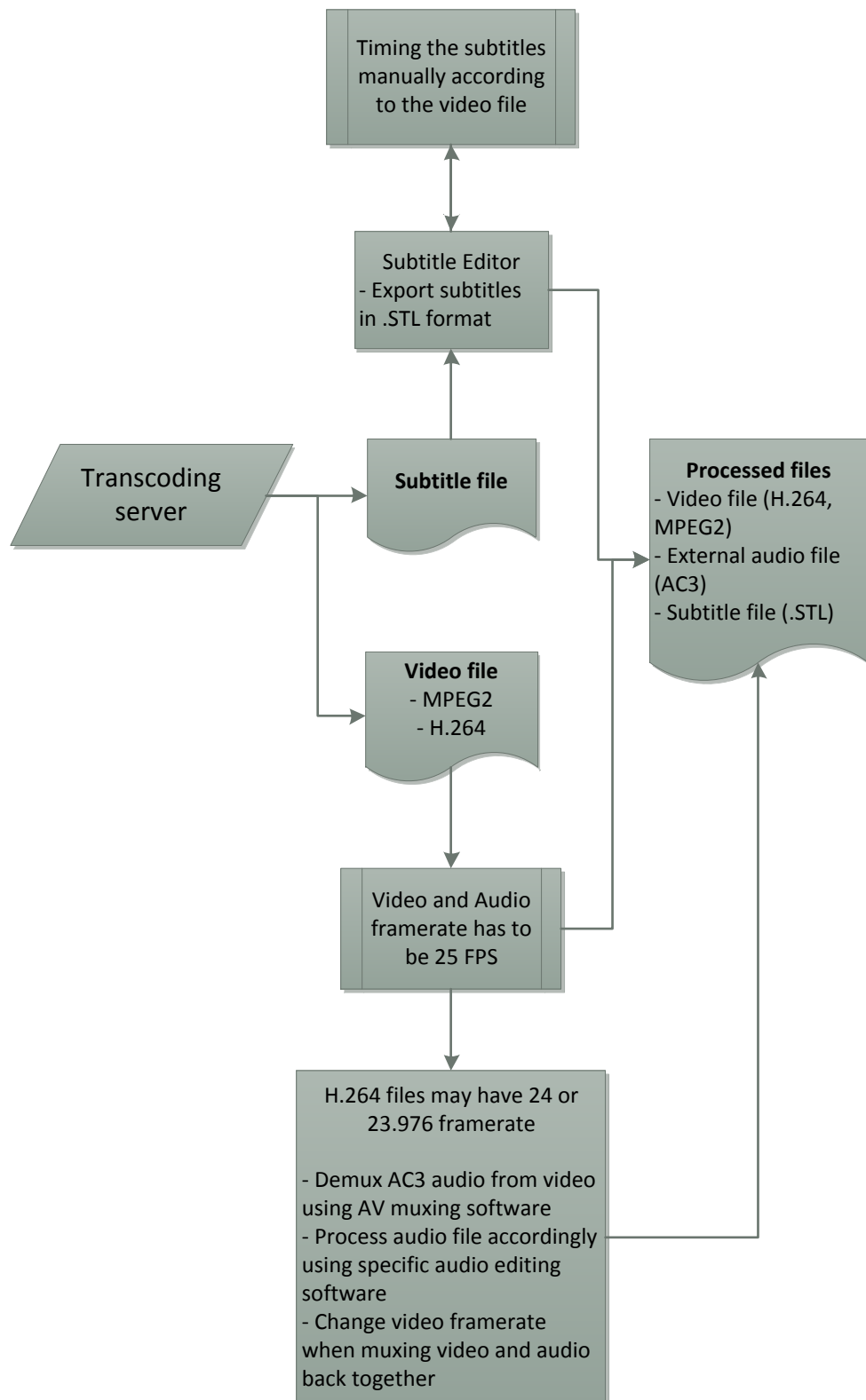
WAV-tiedostoja on kuusi: jokainen monikanavaääninen kanava omassa tiedostossaan. Kokoaminen aloitetaan tekemällä uusi projekti äänituotantosovelluksessa 2, johon liitetään WAV-tiedostot järjestyksessä left, right, center, LFE, surround left, surround right. Lyhenne LFE tulee sanoista low frequency effects, ja se toistaa elokuvan bassotaajuu-
det. Kokoamisen jälkeen valitaan bittivirraksi 448 kbps ja tallennetaan projekti AC-3-tiedostoksi.

MXF- ja QuickTime-formaatissa toimitettujen elokuvien pakkaamattomat WAV-ääniraidat on käärity videoon kanssa kääreeksi, ja tällaiset tiedostot voi syöttää suoraan transkooderille, joka osaa prosessoida äänet Dolby Digitaliksi elokuvan transkoodauksen yhteydessä. DVD-elokuvien AC-3-ääniraidat on myös helppo prosessoida, koska ne eivät vaadi fps-muutosta ja ne ovat valmiita transkoodattavaksi heti, kun ääniraita on erotettu multiplekserillä.

Tekstitys

Tekstitysten ajastus elokuvan dialogiin aloitetaan tuomalla tekstitystiedosto tekstityseditoriin. Ensimmäinen vaihe on tallentaa tekstitystiedosto SAMI-formaatissa (Synchronized Accessible Media Interchange) paikalliselle työasemalle, jolla työstettävän elokuvan videotiedosto avataan mediasoittimessa. Juuri tallennettu tekstitystiedosto ladataan elokuvan päälle mediasoittimeen, mistä nähdään, ovatko tekstitykset oikeassa ajassa elokuvan dialogiin nähden. Dialogiin nähden liian aikaisin tai myöhään ilmestyvä tekstitys voidaan ajastaa oikeaan aikaan tekstityseditorilla, ja ajastettu tekstitys tallennetaan EBU-formaatissa. [11.]

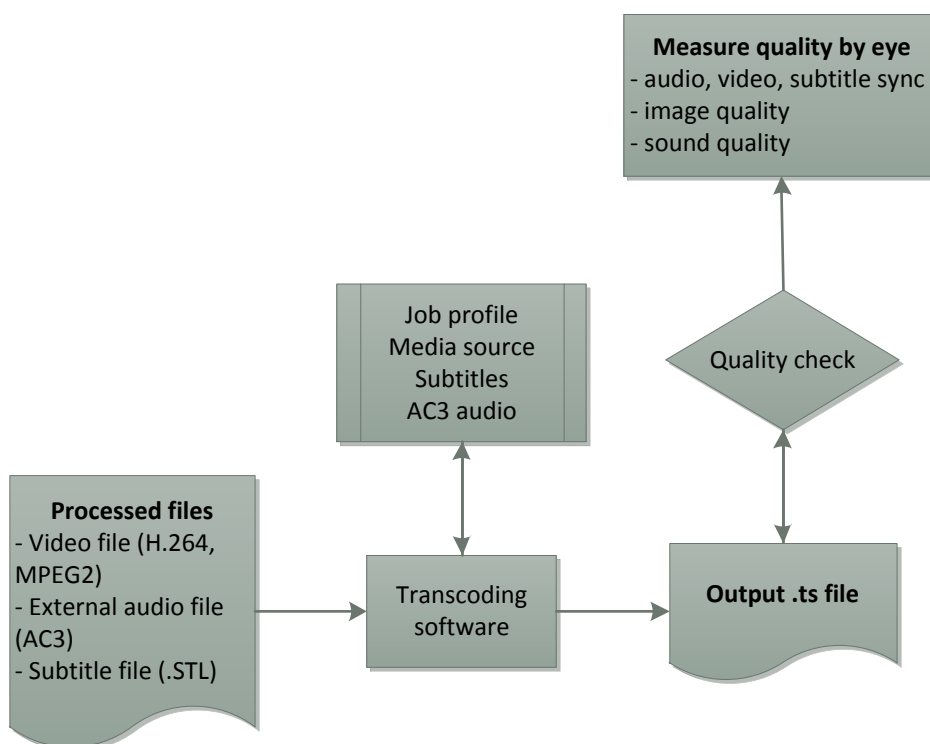
Paikallisen työaseman mediasoitin ei pysty näyttämään MPEG transport stream -tiedostojen kestoja, joten tekstitykset täytyy ajastaa tekemällä 5–10 minuutin pituinen testivideo transkooderin läpi. Testivideosta tarkistetaan, ovatko tekstitys ja dialogi oikeassa ajassa toisiinsa nähden, ja tehdään tarpeellinen hienosäätö tekstityseditorilla. Ajastettu tekstitys tallennetaan jälleen EBU-formaatissa. Kuvio 7 on kaavio videon, äänien ja tekstityksen prosessoinnista.



Kuvio 7. Transkoodauspalvelimella käsitellään video, ääni ja tekstitykset valmiiksi transkooderia varten.

4.4 Tiedostojen syöttäminen transkooderiin, lopputuloksen tarkastus

Prosessoitu mediasisältö on valmis syötettäväksi yritystason tilausvideotuotantosovellukseen, mediasisällön transkooderiin. Se on järjestelmän avainkomponentti, sillä se transkoodaa jokaisen palvelun elokuvan ennalta määritettyjen määritelmien mukaisesti. File input -sivulla valitaan ensin työprofiili, joka määrittelee tuotettavan videon resoluution, ääniraitojen määrän ja tyyppin sekä tekstityksen. Eniten käytetty työprofiili on SD- tai HD-tason video Dolby Digital 5.1 -äänillä ja suomenkielisellä tekstityksraidalla, mitä varten tarvitaan elokuvatiedosto (ts-, mpg-, mxf- tai mov-päätteisenä), ääniraita erillisenä .ac3-päätteisenä tiedostona ja tekstitystiedosto .stl-päätteisenä. Jos elokuvan monikanavaääni on Dolby Digitalin sijasta PCM-ääntä omina raitoinaan kääreen sisällä, osaa transkooderi tässä tapauksessa lukea suoraan nämä äänitiedostot eikä niitä tarvitse erikseen lisätä. Kun tiedostot on lisätty, jätetään työ prosessointijonoon transkooderin käsiteltäväksi.



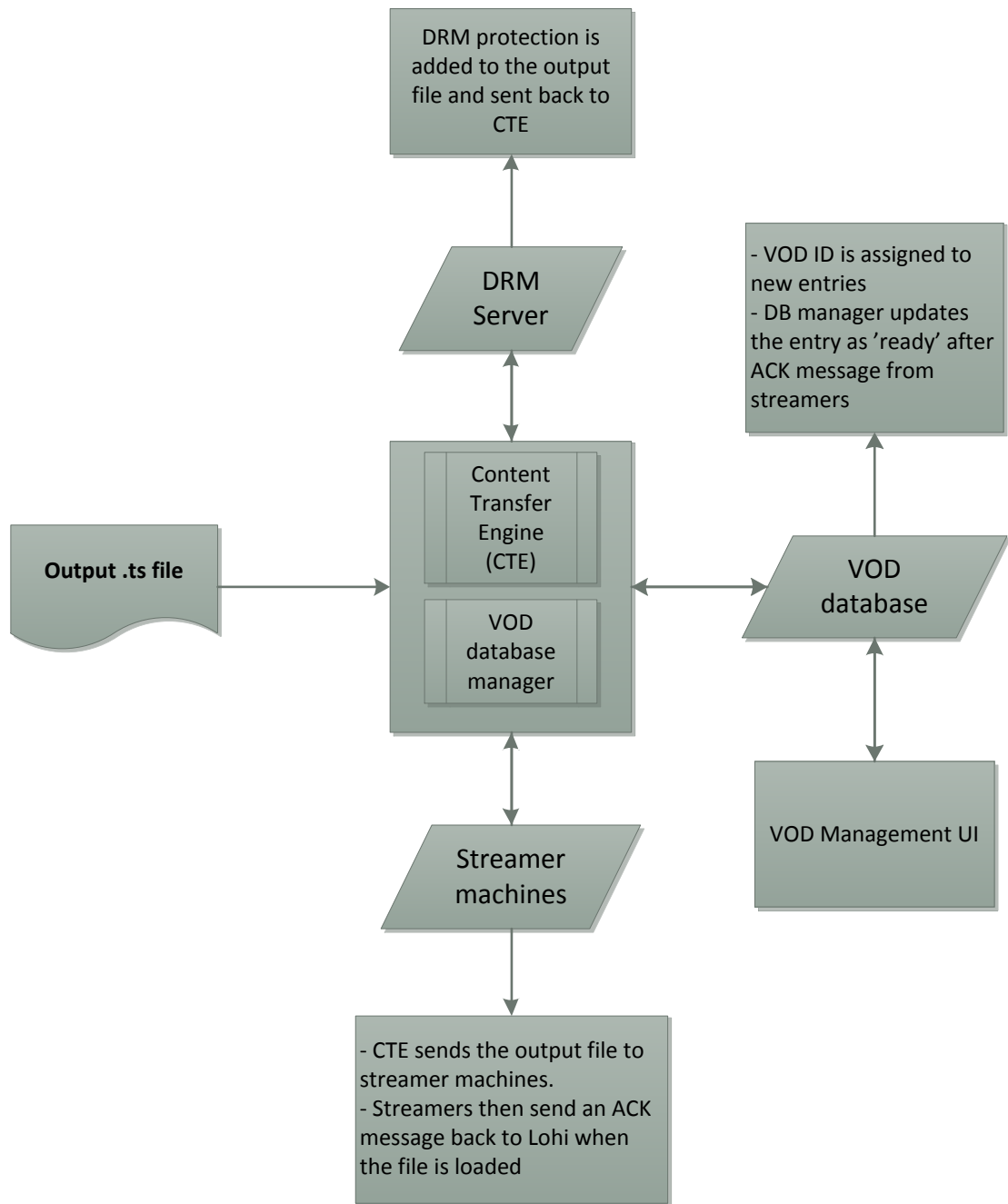
Kuvio 8. Tiedostot syötetään transkooderiin ja lopputulos tarkistetaan arvioimalla kuvan- ja äänenlaatu silmämääräisesti.

Transkoodattu video tarkistetaan silmämääräisesti. Paikallisen työaseman mediasoittimella avataan transkoodattu video suoratoistamalla se verkon välityksellä transkoo-

dauspalvelmelta. Laaduntarkistuksessa kiinnitetään erityisesti huomiota kuvan- ja äänenlaatuun ja siihen, että fps-muunnokset ovat onnistuneet kuten pitäisi. Tekstitysten ajoitus on myös tärkeä tarkistaa, sillä väärässä ajassa ilmestyvät tekstitykset pilaavat elokuvan rytmin sitä katsottaessa.

4.5 Tiedonsiirtokomponentti ja VOD-tietokanta

Transkoodattu elokuva on valmis kopioitavaksi palvelimelle Lohi (oikea nimi vaihdettu), joka toimii samanaikaisesti tiedonsiirtokomponenttina ja ”kirjanpitäjänä”. Lohella ajetaan lukuisia skriptejä, jotka havaitessaan uuden elokuvan lisäävät VOD-tietokantaan uuden rivin elokuvalle, minkä jälkeen tiedonsiirtokomponentti siirtää elokuvan DRM-palvelimelle, jossa elokuvatiedostoon lisätään digitaalinen käyttöoikeuksien hallinta. Kuviosta 9 näkee, kuinka digitaalisen käyttöoikeuksien hallinnan lisäämisen jälkeen elokuva siirretään streamer-palvelimille, jotka siirron valmistuttua kuittaavat vastaanotaneensa elokuvatiedoston. Tämän jälkeen Lohi lisää VOD-tietokantaan ready-merkinnän merkiksi siitä, että elokuva on asennettu streamereille ja se on valmis tilattavaksi. [12.]



Kuvio 9. Tiedonsiirtokomponentin ja "kirjanpitäjä" Lohen toiminta.

Ennen elokuvan aktivointia vuokrattavaksi sille tarvitsee vielä syöttää kansikuva, traileri ja tietoja, kuten nimi, hinta, voimassaoloaika ja kuvaus. Tuotantoyhtiöt ja jakelijat tarjoavat korkearesoluutioiset kansikuvat elokuville, joista muokataan oikeankokoinen kansikuva kuvankäsittelyohjelmalla paikallisella työasemalla. Kuvien siirtoa varten Lohella on käytössä komponentti, joka osaa asettaa kansikuvan tietylle elokuvalle. Muokatun kansikuvan tiedostonimeksi annetaan yksilöllinen tunnistenumero, jonka avulla komponentti asettaa kuvan tunnistenumeroa vastaavalle elokuvalle VOD-tietokannassa.

Kuten itse elokuvat, traileritkin transkoodataan luvussa 2.4 mainittujen määrittelyiden mukaisesti (videokoodekki H.264, äänikoodekki MPEG-1 Layer 2). Transkoodattu traileri tarkistetaan silmämääräisesti, minkä jälkeen se kopioidaan tiettyyn hakemistoon Lohella, jossa oleva komponentti asettaa trailerin VOD-tietokantaan oikealle elokuvalla samalla tavalla kuin kansikuvankin.

4.6 Elokuvan tietojen syöttäminen ja lopullinen tarkistus

Elokuvan tiedot, kuten nimi, hinta, voimassaoloaika, ikäraja ja kuvaus, täytetään elokuvalla selaimella käytettävällä VOD-hallintatyökalulla. Kuviossa 10 on esimerkki valmiiksi täytetystä Taru sormusten herrasta: kaksi tornia -elokuvasta. Elokuvan tiedot haetaan digisovittimessa näkyvän VoD-palvelun lisäksi esimerkiksi Elisa Viihteen internetsivulle sekä iOS- ja Android-sovelluksiin, joissa ovat listattuna kaikki vuokrattavissa olevat elokuvat.


VOD - Taru sormusten herrasta: kaksi tornia

Navigation: Edellinen Seuraava Takaisin hakutuloksiin Uusi haku Muokkaa bundle-hallinnassa Muokkaa kuvia

Media ID	
Status	ready
Nimike	Taru sormusten herrasta: kaksi tornia
Alkup. nimike	LORD OF THE RINGS: THE TWO TOWERS
Hinta	3.5 €
Julkaisupäivä	
Voimassa	30.01.2012 - 01.01.2030
Vuosi	2002
Pituus	172 min
Kategoriat	<input checked="" type="checkbox"/> Toimintaelokuvat <input checked="" type="checkbox"/> Seikkailuelokuvat <input type="button" value="Lisää kategoria"/>
Uusi kategoria	
Kausi	
Jakso	
Ikäsuositus	<input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 7 <input checked="" type="radio"/> 12 <input type="radio"/> 16 <input type="radio"/> 18 <input type="checkbox"/> Luokittelematon K-18 <input type="checkbox"/> Vapautettu Ilt:sta
Sisältö	<input type="checkbox"/> Ahdistus <input type="checkbox"/> Päihitteet <input type="checkbox"/> Seksi <input type="checkbox"/> Väkipalja
Synopsis	SEIKKAILU. 2002. USA/UUSI-SEELANTI. Pääosissa: Elijah Wood, Ian McKellen, Viggo Mortensen
Kuvaus	<p>Frodo ja Sam kirehtävät kohti Mordoria. Klonkun vaivassa saada toimia oppaana. Voiko keneenkään, joka on niin sormuksen vallassa, luottaa? Voiko edes Frodo itse luottaa itseensä sormuksen vaikutuksen jatkuvasti voimistuessa. Sillä välin Aragorn ajautuu sen kohti kuninkaallista kohtaloaan kerää joukkoja kokoon tulevia taisteluja varten. Ohjaaja Peter Jacksonin toinen uskomaton elokuva voitti 2 Oscar®-palkintoa ja sai kaikkiaan 6 ehdokkuutta, mm. Paras elokuva. Seikkailu jatkuu. Kuten myös vaikuttava speitaakki.</p>
Lisäasetukset	<input type="checkbox"/> 3d <input type="checkbox"/> Piilota Uusimmat-listalta <input type="checkbox"/> Elisa suosittelee <input type="checkbox"/> HD
Elokuvaopas	<input type="checkbox"/> Näytä elokuvaopassa
Copyright	
Tallenne	
Trailer	
Tekstitys	-



COVER



Kuvio 10. VOD-hallintatyökalu, jossa täytetään elokuvien tiedot.

Elokuva tarkistetaan vielä kertaalleen ennen sen julkaisua yleisölle. Viimeinen tarkistus tehdään digisovittimen VoD-palvelun kautta, ja siinä tarkistetaan kaikki tiedot: onko elokuvan tietojen täytössä sattunut kirjoitusvirheitä, ovatko kansikuva ja traileri siirtynyt oikealle elokuvalle ja onko itse elokuvan siirrossa streamer-palvelimille sattunut virheitä, joiden takia elokuva olisi korruptoitunut.

Elokuvan laatu tarkistetaan 3–5 satunnaisesta kohdasta, joissa kaikissa kiinnitetään huomiota kuvanlaatuun, äänenlaatuun, huulisynkronointiin, tekstitysten synkronointiin puheen kanssa ja elokuvan loppuvaiheilla siihen, että se on varmasti kokonaan siirtynyt eikä toisto lopu yllättäen kesken, ennen kuin lopputekstit ovat ohi.

5 Transkoodausjärjestelmän analyysi

5.1 SWOT-analyysi

Järjestelmäanalyysin päätavoitteena oli tarkastella transkoodausprosessin eri vaiheita, kyseenalaistaa nykyiset toimintamallit ja löytää yksinkertaisempi ja parempi tapa saavuttaa oikea lopputulos. Tein järjestelmästä SWOT-analyysin, jossa pohdin prosessin vahvuuksia, heikkouksia, uhkia ja mahdollisuuksia.

Järjestelmäanalyysia varten päätettiin käyttää SWOT-analyysiä (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), joka ottaa huomioon analysoitavan kohteen nykyiset vahvuudet ja heikkoudet sekä tulevaisuuden mahdollisuudet ja uhat [13]. Taulukosta 4 näkyvät analyysin pääkohdat, jotka selostan tarkemmin.

Taulukko 4. Transkoodausprosessin SWOT-analyysin pääkohdat.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> - koko prosessi tehdään itse, mikä mahdollistaa ketterät muutokset - tuki lukuisille mediaformaateille - prosessi kokonaisuutena hyvä 	<ul style="list-style-type: none"> - monien formaattien tuki - median arkistointi - äänien fps-muunnos - tekstitysten ajastus
Mahdollisuudet	Uhat
<ul style="list-style-type: none"> - tekstityseditorin päivitys uusimpaan versioon - lähiverkko paikallisen työaseman ja transkoodauspalvelimen välille - Manzanita DVD-elokuvien tekstityksiä varten - fyysisten tallenteiden poistuminen 	<ul style="list-style-type: none"> - transkooderin kehitys loppuu - hittilaite, joka vaatii elokuvien uudelleentranskoodauksen - palvelinviat, arkistointitilan rikkoutuminen

Koska prosessin tekemisestä on vastuussa vain yksi ryhmä, se mahdollistaa ketterät muutokset toimintamalleihin. Uudet järjestelmän sisäiset toimintamallit voidaan ottaa käyttöön heti, kun uusien toimintamallien mahdollisesti aiheuttamat muutokset on analysoitu ja testaus tehty. Yleensä uuden ohjelmiston tai prosessin osan testaus ei vaadi muutoksia nykyiseen tuotannossa olevaan järjestelmään, joten sitä voidaan testata samalla, kun käytetään jo olemassa olevaa prosessia elokuvien varsinaiseen työstämiseen. Erilaisten videoformaattien kirjon takia järjestelmästä on tehty sellainen, että se hyväksyy muitakin kuin vain yhtä video- tai ääniformaattia.

Elokuvia lisätään palveluun jatkuvasti enemmän, ja ennen pitkää tulee vastaan tilanne, jossa elokuvien arkistointia varten varattu vapaa tila loppuu. Haasteeksi on muodostunut sopivan arkistointimenetelmän löytäminen, jonne tallentaa suuri määrä dataa turvallisesti. Jos jotkin palvelussa olevat elokuvat havaitaan viallisiksi, on tärkeää pitää varmuuskopiot kaikista elokuvista, jotta viallinen elokuva saadaan korvattua korjatulla versiolla. Palvelinvikojen takia varmuuskopioiden tekeminen on itsestäänselvyys. Monien video- ja ääniformaattien tukeminen tuo myös omat haasteensa elokuvien työstämiseen, eikä sitä voi luonnehtia pelkästään vahvuudeksi. Uusia toimintamalleja suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon, ettei yhden ohjelmiston avulla välttämättä voida käsitellä kaikkia tiedostoja valmiiksi syötettäväksi transkooderille.

Tällä hetkellä suurin haaste kuvaohjelmien prosessoinnissa liittyy niiden kuvataajuuteen, sillä useiden elokuvien kuvataajuus on alun perin 24 tai 23,976 kuvaa sekunnissa, kun taas transkoodatun elokuvan kuvataajuuden täytyy olla 25 kuvaa sekunnissa. Videon ja äänen kuvataajuus täytyy molemmat nopeuttaa 25 kuvaan sekunnissa, mikä on osoittautunut aikaa vieväksi projektiksi. Monikanavaisten Dolby Digital- ja DTS-ääniraitojen nopeutus ja muunnos AC-3:ksi kestää nyt noin 45 minuuttia, mutta videon fps-muunnos on onneksi vaivatonta multiplekserillä. Tekstitysten ajastaminen nykyisessä muodossaan on toinen aikaa vievä vaihe, johon pitäisi löytää nopeampi ratkaisu.

Haasteista huolimatta prosessi on kokonaisuutena hyvä, ja kaikissa prosessin vaiheissa tavoite on selkeä ja tavoitteen saavuttamiseksi on käytössä toimivat toimintamallit. DVD- ja Blu-ray-levyjen siirtokopiointi on siinä pisteessä, ettei toimintamallin pienillä muutoksilla enää saavuteta merkittävää ajan säästöä. Tekstitysten ajastaminen on yksinkertaista, mutta aikaa vievää silloin, kun transkooderin läpi pitää syöttää 5 minuutin testipätkä, josta tekstitysten ajastuksen voi tarkistaa. Elokuvien kuvataajuuden muuttaminen 25:een on haaste, johon kehitys pitäisi keskittää juuri nyt.

Fyysisten tallenteiden poistuminen käytöstä tulevaisuudessa muuttaa toimintamallia suoraviivaisemmaksi, vaikkei skenaario toteudu vielä joihinkin vuosiin. Mediasisältöä toimitetaan DVD-levyillä vielä niin kauan, kuin maahantuojat myyvät DVD-elokuvia tavallisissa kaupoissa. Blu-ray-levyjen toimitus kasvaa, kun otetaan huomioon, etteivät kaikki jakelijat ole ottaneet niitä vielä käyttöön DVD-levyjen rinnalle.

5.2 Muutosehdotukset ja ideat

Elokuvan tekstitysten ajastamista varten käytettävä tekstityseditori on nyt käytössä transkoodauspalvelimella etäyhteyden kautta. Tekstityseditorista on käytössä vanhempi versio 3, sillä sovelluksen versiota 4 ei pysty käyttämään transkoodauspalvelimella Windowsin Remote Desktop Connection -sovelluksen kautta. Sovelluksen nelosversiossa on tuki .srt-tiedostoille ja UTF-8-merkistökoodaukselle, mikä nopeuttaisi tekstitysten käsittelyä, sillä srt-päätteisiä tiedostoja ei tarvitsisi vaihtaa toiseen formaattiin ja UTF-8:aa käyttäviä tekstitystiedostoja ei tarvitsisi vaihtaa ANSI-merkistöä käyttäväksi. [14.] Tekstityseditorin asennus paikalliselle työasemalle tai toisen etäyhteyssovelluksen käyttäminen mahdollistaisi sen päivityksen versioon 4 ja osaltaan vähentäisi elokuvien työstämiseen käytettävää aikaa. Ennen kaikkea välivaiheet tekstitysten prosessoinnin kanssa vähentyisivät, mikä yksinkertaistaisi prosessia.

Paikalliselle työasemalle siirtokopioitavat DVD- ja Blu-ray-elokuvat kopioidaan nykyisessä toimintamallissa transkoodauspalvelimelle, jossa niille tehdään tarpeelliset toimenpiteet. Kopiointiin käytetyn ajan saisi säästettyä, jos transkoodauspalvelimen ja paikallisen työaseman välille saisi esimerkiksi lähiverkkoyhteyden, jotta transkooderi pystyisi käyttämään input-tiedostoina paikallisella työasemalla olevaa sisältöä. Erityistä huomiota pitäisi kiinnittää etenkin tietoturvariskeihin ja siihen, onko toteutus fyysisesti ylipäänsä mahdollista.

Elokuvan äänien fps-muunnoksen monen työvaiheen helpottamiseksi yksi mahdollisuus olisi kehittää palvelimelle automaattinen skripti, joka tiedoston vastaanottaessaan osaisi skannata sen ominaisuudet ja päättää niiden pohjalta, mitä toimenpiteitä tiedosto vaatii, jotta äänet voitaisiin nopeuttaa vastaamaan samaa nopeutta kuin videon 25 kuvaa sekunnissa. Esimerkitapauksena voisi käyttää Blu-ray-levyillä usein olevaa DTS-ääniraitaa: siirrettäessä DTS-tiedosto skriptille käsiteltäväksi skripti analysoisi kanavien lukumäärän (6 tai 2) ja muuntaisi äänet Dolby Digitaliksi (AC-3). Ongelma kuitenkin on, ettei äänitiedostoissa ole ominaisuutta, joka viittaisi siihen, mikä äänien alkuperäinen fps on. Käyttäjän tarvitsisi siis syöttää skriptiin arvo, mistä kuvataajuudesta nopeutus tehdään (23,976 tai 24). Tutkimuksista huolimatta ei ole vielä löytynyt sovellusta, joka osaisi kivuttomasti tehdä ääniraidan fps-muunnoksen 25 fps:ään ja pitää äänentasot tiedostossa muuttumattomana digisovittimen mediatoistimella soittaessa.

Manzanita on sovellus, joka osaa irrottaa DVD-elokuvien bitmap-kuvina tallennetut tekstitykset elokuvasta ja tallentaa ne DVB-formaattiin. Manzanitaa pystyisi käyttämään hyödyksi esimerkiksi vanhemmissa DVD-elokuvissa, joihin jakelijoilla ei ole saatavana tekstityksiä digitaalisessa formaatissa. Tekstitysten rippaaminen DVD-levyltä on työlästä juuri sen takia, koska tekstitykset ovat bitmap-kuvia ja tekstitysten rippaamiseen käytettyjen sovellusten täytyy analysoida kuvasta kirjainten muotoja, jotka eivät ole aina samanlaisia, vaikka kyseessä olisi sama kirjain samassa repliikissä.

5.3 Toteutetut muutokset

Insinööriyön tekeminen alkoi hitaasti tammikuussa 2011. Ensimmäiset kuukaudet kuuluivat tutustuessa järjestelmään ja opetellessa sen käyttöä. Järjestelmän dokumentoinnin hahmottelu alkoi töiden ohessa helmi-maaliskuussa, ja järjestelmäkaavio sai nykyisen muotonsa kesän 2011 aikana. Kaaviota on siitä lähtien päivitetty sitä mukaa, kuin järjestelmään on tehty muutoksia.

Transkoodausjärjestelmään on tehty seuraavia muutoksia vuosien 2011 ja 2012 aikana:

- vanhan transkoodauspalvelimen tilalle uusi palvelin
- lisää kiintolevytilaa uudelle transkoodauspalvelimelle
- transkoodausohjelmiston lukuisten profiilien uudelleennimeäminen selkeämmäksi
- skriptit Lohi-palvelimelle kansikuvien ja trailereiden siirtoa varten
- uusi ammattilaistason äänieditointisovellus ääniraitojen muokkausta varten
- nauhakirjasto mediasisällön arkistointia varten
- jakelijoiden siirtyminen käyttämään elokuvien digitaalista toimitusta
- lisätoiminnallisuuksia VOD-hallintatyökaluun.

Uusi transkoodauspalvelin toi kaivattua lisänopeutta. Uudistuksiin kuului siirtyminen 32-bittisestä käyttöjärjestelmästä 64-bittiseen, high-end Intel Xeon -suoritin, RAM-muistin kasvattaminen 96 gigatavuun ja tallennustilan kasvu noin 2 teratavusta 25 teratavuun. Palvelinuudistuksessa nimettiin samalla transkooderin profiilien nimet uudelleen niin, että profiilin nimen perusteella pystyy päättämään, millaiset tiedostot pitää lisätä File input -valikossa, jos tahtoo transkoodata esimerkiksi HD-tasoisien videon, jossa on vain stereoäänet ja suomenkielinen tekstitysraila.

Elokuvien kansikuvien ja trailereiden syöttäminen tietokantaan oli ennen työläämpää, kunnes alkukesästä 2011 niitä varten vietiin tuotantoon luvussa 3.5 kuvaillut tiedonsiirtokomponentit. Ammattilaistason äänituotantosovellus 2 hankittiin heinäkuussa, kun osa jakelijoista alkoi toimittaa elokuvien ääniraidat WAV:na. Äänituotantosovellus 2 oli siihen nopea ratkaisu, eikä transkooderin ominaisuutta tehdä WAV-raidoista Dolby Digitalia ollut vielä ehditty tutkia. Nykyään erilliset WAV-tiedostot kootaan äänituotantosovelluksella 2 ja videotiedoston sisällä olevat WAV-tiedostot jätetään transkooderin prosessoitavaksi.

Elokuvien arkistointiratkaisuksi on maaliskuun 2012 aikana päädytty nauhakirjastoon, joka tarjoaa edullista tallennustilaa hintaan verrattuna. Nauhakirjastoksi on valittu nauha-asema, joka on tarkoitettu pienten tai keskisuurten yritysten varmuuskopiointia ja arkistointia varten. Asemaan voi syöttää 24 kpl 1,5 teratavun kokoisia magneettinauhia, joiden yhteenlasketuksi tallennustilaksi saadaan 36 teratavua. [15.] Kunnollisen arkistointiratkaisun ansiosta transkoodauspalvelimelta saadaan vapautettua tallennustilaa työstettäviä elokuvia varten. Nauhakirjasto otettiin käyttöön huhtikuussa 2012.

Jakelijat ovat alkaneet hiljalleen siirtyä DVD- ja Blu-ray-levyjen toimittamisesta toimittamaan elokuvia digitaalisesti. Tämä vähentää käytettävää aikaa levyjen siirtokopioinnissa ensin paikalliselle koneelle ja siitä transkoodauspalvelimelle sekä fyysisten kopioiden arkistointiin kuluvaa aikaa. Elokuvan lataaminen verkosta vie oman aikansa, ja siirtokopiointiin verrattuna se säästää aikaa yhden elokuvan käsittelyssä.

VOD-hallintatyökaluun tehtiin kesällä 2011 kolme uutta toiminnallisuutta: Elisa suosittelee, poista Uusimmat-listalta ja 3D. Kun lisää elokuvalla valinnan Elisa suosittelee, elokuva nousee automaattisesti viihdeportaalin etusivulle asiakkaiden näkyville. Ominaisuuden avulla voidaan tuoda asiakkaiden tietoisuuteen kiinnostavia elokuvia, joita ei

muuten niin helposti huomaisi. Poista Uusimmat-listalta on ominaisuus, jota tarvitaan hieman harvemmin; se piilottaa tietyn elokuvan Uusimmat-kategoriasta. Viimeinen ominaisuus, 3D, on hyvin yksiselitteinen: se lisää tietokantaan tiedon, onko elokuva 3D-versio vai ei.

1.1.2012 voimaan tulleen uuden kuvaohjelman lain myötä VOD-hallintatyökaluun toteutettiin toiminnallisuus uuden lain vaatimien ikäraja- ja sisältösymbolien merkitsemistä varten. Ennen muutosta ikärajan syöttämiseksi piti laittaa vain ikärajan numero yhteen tekstikenttään, kun nyt elokuville pitää merkitä ikärajan (S, K7, K12, K16 tai K18) lisäksi sisältösymbolit (väkivalta, ahdistus, seksuaalinen sisältö, päihteet), jotka näkee kohdassa Sisälto ja Ikäsuositus kuviosta 10 sivulla 20.

6 VoD-palvelut tulevaisuudessa

VoD-palveluiden käyttö kasvaa tulevien vuosien aikana, ja perinteiset videovuokraamot menettävät asemaansa, kun yhä useampaan kotitalouteen saadaan todella nopea laajakaistayhteys. Nopean laajakaistayhteyden ansiosta kuluttajat valitsevat videovuokraamoon menemisen sijasta Internetissä tai IPTV:ssä toimivan VoD-palvelun tavaksi vuokrata tai ostaa elokuvia. [16, s. 54.]

Uusi 3G-tekniikka LTE mahdollistaa kodin ulkopuolella kodin laajakaistayhteyttä vastaavat nopeudet, mikä osaltaan edesauttaa videopalvelujen syntyä mobiililaitteita, kuten älypuhelimia ja tablet-tietokoneita, varten. Kiinteiden nopeiden laajakaistayhteyksien määrän kasvu kasvattaa uusien palvelujen piirissä olevien kuluttajien lukumäärää. Älypuhelimille ja etenkin tablet-laitteille on jo nykyään tarjolla VoD-palveluita, ja näille laitteille tuettujen palvelujen määrä kasvaa nopeasti lähitulevaisuudessa. Nykyään esimerkiksi Apple, Google ja Vodder tarjoavat VoD-palvelua, jossa voi vuokrata elokuvan ja katsoa sen useammalla eri laitteella (tietokone, digisovitin, tablet-tietokone tai älypuhelin). [16, s. 54.]

Kulutustottumuksilla on mielestäni myös iso rooli uusien televisiopalveluiden, ei pelkästään VoD-palveluiden, kasvussa. Ennen oli tavallista, että televisiosta katsottiin ohjelmaa sinä aikana, kun kiinnostava ohjelma esitettiin. Nykyään esimerkiksi televisio-ohjelmien tallennuksen ja jälkeempään katsomisen mahdollisuus ja VoD-palvelut mahdollistavat sen, että kuluttaja saa itse valita parhaan ajan, milloin mediasisältöä kuluttaa. Kun kuluttaja huomaa, ettei lineaaristen televisiolähetysten seuraaminen ole enää ainut tapa katsoa ohjelmia, hän alkaa käyttää uusia palveluita luonnollisesti vanhojen tapojen kustannuksella, joita tässä tapauksessa olisivat perinteinen tv-lähetys ja videovuokraamo.

Vuokraelokuvien lisäksi pinnalle on nousemassa digitaalisia elokuvakirjastoja, joista vahvimmin on esillä UltraViolet. Se on digitaalinen elokuvakirjasto ja käyttöoikeuksien hallintajärjestelmä, joka pitää kirjaa verkossa tehdyistä ostoksista, kuten elokuvista. Ostetut elokuvat säilyvät pysyvästi järjestelmän tiedossa, ja ostettua sisältöä voi katsoa esimerkiksi tietokoneen, tabletin tai pelikonsolin kautta ilman, että jokaiselle laitteelle pitää erikseen ostaa sama elokuva. [16, s. 51–52.]

UltraVioletin lisäksi esimerkiksi Applella on käytössä OSX- ja iOS-alustoille vastaavanlainen digitaalinen kirjasto, joka on kytketty käyttäjän Apple ID -tiliin, mutta UltraVioletin etu Applen malliin verrattuna on se, että suuret elokuva-alan toimijat käyttävät mediasisällön levityksessä UltraVioletia. Tämän takia UltraVioletin käyttäjiä ei ole rajoitettu katsomaan elokuviaan vain yhdellä alustalla tai laitteistolla. Euroopassa UltraVioletin käyttö ei ole vielä niin yleistä kuin Yhdysvalloissa. [16, s. 51–52; 17.]

7 Yhteenveto

Insinööriytyössä dokumentoitiin ja kehitettiin Elisa Viihteen VoD-palvelun elokuvien transkoodausjärjestelmää. Tavoitteena oli dokumentoinnin pohjalta yksinkertaistaa käytössä olevaa transkoodausjärjestelmää siten, että jatkossa elokuvien prosessointi olisi nopeampaa ja helpompaa. Tavoitteessa mielestäni onnistuttiin, ja vuoden 2011 tammikuusta lähtien vuoden 2012 helmikuuhun saakka järjestelmään tehtiin lukuisia parannuksia alkaen transkooderin työprofiilien muutoksista uuteen transkoodauspalvelimeen. Uudistukset paransivat järjestelmän luotettavuutta ja nopeutta.

Elisalla on mediasisällön arvoketjussa aggregaattorin rooli, mikä tarkoittaa sitä, että Elisa toimii audiovisuaalisen sisällön välittäjänä kuluttajille ja puolestaan vastaanottaa samaa audiovisuaalista sisältöä tuotantoyhtiöiltä eteenpäin välitettäväksi. Kuvaohjelmien transkoodaaminen on tarpeellista, koska lukuisat tuotantoyhtiöt ja jakelijat toimittavat mediasisältöä eri formaateissa ja VoD-palveluun lisättäville elokuville on oma määrittelynsä siihen, millaisessa formaatissa niiden tulee olla.

Jakelijat toimittavat elokuvat DVD- ja Blu-ray-levyinä tai digitaalisina latauksina verkon kautta. Yleisimmät käytössä olevat koodekit ovat videokoodekeista H.264 ja MPEG-2 ja audiokoodekeista PCM ja Dolby Digital. Dubbaukset eivät ole yleisiä Suomessa, minkä takia lähinnä lasten elokuvaan ja animaatioihin tarjotaan suomenkielisten tekstitysten lisäksi suomeksi puhutut äänet.

SWOT-analyysissa kävi ilmi, että koska transkoodausjärjestelmästä on vastuussa vain yksi ryhmä, se mahdollistaa ketterät muutokset järjestelmän sisäisiin toimintamalleihin. Järjestelmä myös tukee lukuisia video- ja ääniformaatteja, mikä on samalla vahvuus ja heikkous, sillä kun järjestelmään tehdään muutoksia, pitää ottaa huomioon yhteensopivuus kaikkien formaattien kanssa. Tärkeimpiä uudistuksia järjestelmään olivat uusi transkoodauspalvelin, nauhakirjasto elokuvien arkistointia varten ja se, että jakelijat ovat alkaneet kaikki siirtyä fyysisten tallenteiden toimittamisen sijasta toimittamaan elokuvat digitaalisena.

Yksi ongelma insinööriytyön tekemisen aikana oli se, ettei järjestelmän kehitystyö ollut kovin intensiivistä. Pitkällä aikavälillä saatiin järjestelmän kanssa kuitenkin paljon aikaiseksi, mutta tällä kertaa tietoa ei saatu siitä, millaisiin tuloksiin olisi päästy kehitystyön

intensiteettiä lisäämällä. Suuri syy työn hitauteen oli se, ettei kehitysprojektin aikataululle ollut asetettu minkäänlaista takarajaa.

Kehitystyö järjestelmän parantamiseksi jatkuu, vaikka insinööriyön osuus on nyt tehty loppuun. Kehitystyön tavasta jatkossa ei ole päätetty, mutta se on varmaa, että elokuvien prosessoinnin ohessa syntyviä ideoita testataan ja jos parempi toimintamalli löytyy, se otetaan myös käyttöön.

Lähteet

- 1 AV-direktiivin voimaansaattaminen: tilattavien (on-demand) audiovisuaalisten mediapalveluiden markkinakatsaus. 2011. Viestintäministeriö.
- 2 Aalto, Erkki. 2012. Yliopettaja, mediatekniikan koulutusohjelma, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoo. Insinööriytötapaaminen 19.1.2012.
- 3 Simpson, Wes. 2008. Video Over IP. United States of America: Focal Press.
- 4 Ferreira, Pedro. 2010. MXF - a progress report. Verkkodokumentti.
<http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2010-Q3_MXF-1.pdf> 23.7.2010. Luettu 29.1.2012.
- 5 Taylor, Jim. 2001. DVD Demystified. United States of America: McGraw-Hill.
- 6 Kent, Thomas. 2011. DVD-Video Layout. Verkkodokumentti.
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:DVD-Video_Layout.svg> 14.5.2011. Luettu 24.1.2012.
- 7 Blu-ray Disc™ Read-Only Format. 2010. Verkkodokumentti. Blu-ray Disc Association.
<http://www.blu-raydisc.com/assets/Downloadablefile/BD-ROM-AV-WhitePaper_100604%281%29-15916.pdf> toukokuu 2010. Luettu 19.3.2012.
- 8 Taylor, Jim, Crawford, Charles G., Armbrust, Christen M. & Zink, Michael. 2009. Blu-ray Disc Demystified. United States of America: McGraw-Hill.
- 9 Multiple Channel Audio Data and WAVE Files. 2007. Verkkodokumentti. Microsoft.
<<http://msdn.microsoft.com/en-us/windows/hardware/gg463006>> 7.3.2007. Luettu 8.2.2012.
- 10 Frame Rate Basics. Verkkodokumentti. Apple.
<<http://documentation.apple.com/en/cinematools/usermanual/index.html#chapter=2%26section=5>> Luettu 5.3.2012.
- 11 Waters, G. T. 1991. Specification of the EBU Subtitling data exchange format. Verkkodokumentti. <<http://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3264.pdf>> Helmikuu 1991. Luettu 8.2.2012.
- 12 Liimatainen, Janne. 2012. Kehityspäällikkö, Elisa Oyj, Helsinki. Järjestelmäkehityspalaveri 3.1.2012.
- 13 SWOT Analysis. Verkkodokumentti. Mind Tools Ltd.
<http://www.mindtools.com/pages/article/newTMC_05.htm> Luettu 2.5.2012.
- 14 Supported File Formats. Verkkodokumentti. EZTitles Development Studio.
<http://www.eztitles.com/index.php?page=ezconvert_features> Luettu 15.3.2012.
- 15 PowerVault TL2000 Tape Library. Verkkodokumentti. Dell.

<<http://www.dell.com/us/enterprise/p/powervault-tl2000/pd>> Luettu 15.3.2012.

16 Ollikainen, Ville, Aalto, Erkki, Kivelä, Jorma, Kuula, Timo, Liinasuo, Marja, Lindqvist, Ulf, Lugmayr, Artur, Maho, Harri, Norros, Leena, Seisto, Anu & Zheng, Hao. 2012. New Electronic Media (NELME) - 2016 Foresight. VTT.

17 UltraViolet. Verkkodokumentti. Digital Entertainment Content Ecosystem (DECE).
<<http://www.uvu.com/>> Luettu 15.4.2012.

Transkoodausjärjestelmän vuokaavio

